

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

- (21) Aktenzeichen: P 43 27 492.7-32  
 (22) Anmeldetag: 16. 8. 93  
 (43) Offenlegungstag: —  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: 16. 2. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

(72) Erfinder:

Baumann, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 71034 Böblingen,  
DE

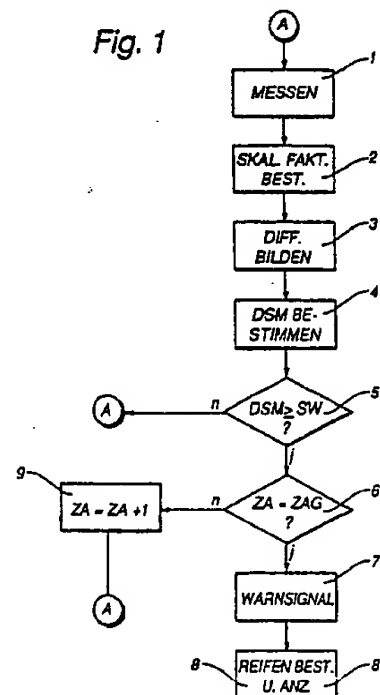
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 02 769 A1  
 US 43 55 298  
 US 37 07 701  
 US 36 91 524  
 US 36 13 075  
 EP 02 91 217 B1  
 EP 04 41 600 A2  
 EP 04 41 599 A2

(54) Verfahren zur Reifendruckwarnung

- (57) Es ist bekannt, anstelle einer direkten Druckmessung den Reifendruck indirekt durch Erfassung des dynamischen Abrollumfangs des Reifens zu überwachen und auf diese Weise Sensoren einzusparen, insbesondere wenn bereits Raddrehzahlsensoren fahrzeugseitig installiert sind. Das neue Verfahren dieser Art arbeitet auf der Basis eines Raddrehzahlabgleichs, innerhalb dem Drehzahlskalierungsfaktoren ermittelt werden. Durch paarweises Vergleichen dieser Skalierungsfaktoren, Bestimmen der maximalen Abweichung und Prüfen, ob ein gewisser Schwellenwert überschritten ist, läßt sich, insbesondere bei achsweisem Raddrehzahlabgleich, eine zuverlässige Reifendruckwarnung mit geringem Aufwand realisieren.  
 Verwendung für Kraftfahrzeuge, insbesondere mit Allradantrieb und/oder einem Radschlupfregelsystem.

Fig. 1



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Reifendruckwarnung in einem Kraftfahrzeug.

Es ist vom Prinzip her bekannt, zur Einsparung anderweitiger, sensoraufwändiger Systeme eine Warnung vor falschem, d. h. zu niedrigem oder auch zu hohem Reifenluftdruck während der Fahrt durch eine Auswertung der dynamischen Reifenabrollumfänge, d. h. von Raddrehzahlsensordaten, vorzunehmen. Dies ist insbesondere günstig, wenn entsprechende Sensoren bereits fahrzeugseitig vorhanden sind, beispielsweise als ABS-Drehzahlfühler. Der dynamische Abrollumfang eines Rades ändert sich in Abhängigkeit vom Reifenluftdruck und führt somit bei schlupffreier Geradeausfahrt zu unterschiedlichen Raddrehgeschwindigkeiten. Ein Luftdruckabfall von 2,4 bar auf 1,9 bar verursacht beispielsweise eine um ca. 0,3% schnellere Raddrehzahl am Rad mit zu niedrigem Luftdruck in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich zwischen 60 km/h und 100 km/h trotz gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit. Aus den Raddrehzahldifferenzen kann deshalb ein Luftdruckverlust abgeleitet werden. Mit dieser Methode ist ein relativer Luftdruckverlust von einem Rad zum anderen feststellbar.

Bei einem Warnverfahren nach der US 3 707 701 wird für jede volle Umdrehung eines Rades ein Signal erzeugt und mit einem zugehörigen Referenzsignal verglichen. Aus der Phasenbeziehung zwischen dem Signal und dem Referenzsignal des jeweiligen Rades wird eine Warnmeldung abgeleitet.

Aus der US 4 355 298 ist ein Reifendruckwarnverfahren für Flugzeugreifen bekannt, bei der die Raddrehzahlen der beiden Reifen erfaßt und miteinander verglichen werden, wobei die sich ergebende Differenz ihrerseits mit einem Referenzwert verglichen wird. Damit soll die momentane Transversalgeschwindigkeit berücksichtigt werden, um zu verhindern, daß ein bei niedrigen Geschwindigkeiten noch relativ geringer Drehzahlunterschied, der nicht auf einem Druckverlust, sondern auf einer anderen Störgröße, z. B. ungleichem statischem Reifenumfang, beruht, bei höheren Geschwindigkeiten fälschlicherweise zum Ansprechen der Druckwarnung führt.

Eine Schwierigkeit bei dieser Art der indirekten Reifendruckbestimmung ergibt sich aus der Tatsache, daß Raddrehzahldifferenzen auch bei ordnungsgemäßem Reifenluftdruck auftreten können, z. B. wegen Brems- oder Antriebsschlupf, Kurvenfahrt, unterschiedlicher Achslastverteilung, Beladung, Verwendung von Reifen unterschiedlicher Bauart, Fabrikat und/oder Laufleistung sowie Temperaturunterschieden und unterschiedlichem, fliehkräftbedingtem "Aufgehen" der Reifen bei höherer Geschwindigkeit. Diese Effekte sind für eine Reifendruckwarnung mittels Raddrehzahlmessung möglichst weitgehend in Betracht zu ziehen.

Ein in der DE 41 02 769 A1 offenbartes Reifendruckkontrollverfahren sieht vor, dynamische Radumfangsdifferenzen, die auf statische Reifenumfangsdifferenzen zurückzuführen sind, mittels einer separaten Eichfahrt unter Geradeausfahrt mit einem korrekt eingestellten Luftdruck zu ermitteln und in einem Rechner abzuspeichern. Kurvenfahrten werden bei diesem Verfahren mittels eines speziellen Kurvenmodells, das in zwei Radfrequenzgleichungen resultiert, berücksichtigt. Radschlupf- oder beladungsbedingte Drehzahlunterschiede werden durch Einführen eines Parameters kompensiert, der bei diesem Luftdruckkontrollmodell so eliminierbar ist, daß der auswertende Rechner die Eingangsgrößen in einer einzigen Gleichung als einer Kontrollfunktion behandelt, wobei auf einen Luftdruckverlust geschlossen wird, wenn diese Kontrollfunktion für längere Zeit Werte oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes annimmt.

In der US 3 691 524 wird dem Kurvenfahrteinfluß dadurch begegnet, daß eine Warnmeldung nur erfolgt, wenn eine Drehzahldifferenz zwischen den Vorder- oder zwischen den Hinterrädern auftritt. Gleichzeitig wird eine Warnmeldung unterdrückt, wenn die detektierte Drehzahldifferenz einen bestimmten Wert überschreitet, da dies als Durchdrehen des betreffenden Rades interpretiert wird.

Das aus der US 3 613 075 bekannte Reifendruckwarnverfahren sieht die Ausblendung des Warnsystems bei zu geringer Geschwindigkeit vor, da dort von der Annahme ausgegangen wird, daß vor allem in diesem niedrigen Geschwindigkeitsbereich ein Durchdrehen der Räder auftritt.

Aus den Druckschriften EP 0 291 217 B1, EP 0 441 599 A2 und EP 0 441 600 A2 sind Reifendruckwarnverfahren bekannt, die, bei Unterschieden in der Erfassung der Raddrehzahlen im einzelnen, sämtlich ein Warnsignal auf der Basis der gleichen mathematischen Beziehungen erzeugen. In eine dieser Beziehungen geht u. a. wesentlich die Summe der beiden Differenzen zwischen den Raddrehzahlen achsgleicher Räder ein. Dieses Vorgehen erlaubt die Verwendung der Sensorik und Steuerung eines Anti-Blockier-Systems (ABS) gleichzeitig auch für die Reifendruckwarnung und berücksichtigt automatisch Kurvenfahrten. Es ist außerdem bekannt (EP 0 291 217 B1), die Reifendruckwarnung während einer Beschleunigung und Bremsung zu unterdrücken, sowie bei einer antriebsfreien Geradeausfahrt mit mehr als 20 km/h eine Kalibrierung vorzunehmen. Aufgrund der dort gewählten Auswertungsarithmetik ist jedoch beispielsweise ein praktisch gleichzeitiger Reifendruckabfall nur an diagonal gegenüberliegenden, nicht dagegen an achs- oder seitengleichen Rädern erkennbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das aus der US-4 355 298 bekannte Verfahren zur Reifendruckwarnung so weiterzuentwickeln, daß die Ermittlung des Reifendrucks verbessert und zuverlässiger wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Reifendruckwarnung mit den Merkmalen im Patentanspruch 1 gelöst.

Diese Lösung bietet die Basis zur Berücksichtigung der Raddrehzahldifferenzen, die nicht von einer signifikanten Reifendruckabweichung verursacht sind. Der zunächst durchgeführte Raddrehzahlabgleich eliminiert hierbei die durch Brems- und Antriebsschlupf sowie Kurvenfahrt ansonsten entstehenden Abweichungen. Bei einem derartigen Raddrehzahlabgleich werden während einer Fahrt die Raddrehzahlen gemessen, sobald bei der Fahrt geeignete Bedingungen erkannt werden, die es ermöglichen, den Reifenumfang weitgehend schlupf- und kurvenunabhängig zu erfassen. Hierfür werden geeignete Grenzwerte vorgegeben und ein Abgleich initiiert, wenn ein ausreichendes Maß an antriebsmomentarmer Geradeausfahrt oberhalb einer gewissen Mindestgeschwindigkeit sowie Bremsfreiheit vorliegt. Ein derartiges Raddrehzahlabgleichverfahren, wie es für die vorliegende Reifendruckwarnung als Grundlage dient, ist in seinen genaueren Einzelheiten in einer auf die Anmelderin zurückgehenden deutschen Patentanmeldung (P 43 27 491.9) beschrieben, auf die an dieser Stelle in vollem Umfang Bezug

genommen wird. Bei diesem Raddrehzahlabgleichverfahren werden Raddrehzahlskalierungsfaktoren gebildet, mittels derer die gemessenen, eventuell selbst bei antriebsmomentfreiem Geradeausrollen voneinander abweichenden Raddrehzahlen einander angeglichen werden, d. h. es werden einander angenäherte, korrigierte Raddrehzahlen berechnet, die den nachfolgenden Antriebs- oder Radschlupfregelungen, wie Permanentallradantrieb, ABS oder Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR), und eben auch einer Steuerung für das vorliegende Verfahren zur Reifendruckwarnung als Eingangsgrößen zuführbar sind. Dieser automatische, sensible Drehzahlabgleich der Räder, bei dem eine Genauigkeit von höchstens 0,1% Abweichung aller vier korrigierten Raddrehzahlen untereinander bei schlupffreiem Geradeausrollen erzielt wird bildet die Basis des vorliegenden Verfahrens zur Reifendruckwarnung, das einen Druckverlust je nach Aufwand und Sensorik ab 0,5 bar und spätestens bei 0,8 bar zuverlässig zu erkennen vermag. Dieses Verfahren zur Reifendruckwarnung ist besonders vorteilhaft in Fahrzeugen einsetzbar, die bereits über die entsprechende Sensorik verfügen, z. B. solche mit Permanentallradantrieb und/oder ABS und/oder ASR.

Durch paarweises Zusammenfassen der Räder und Berechnen der Differenz der zugehörigen Skalierungsfaktoren und der nachfolgenden Auswertung der sich ergebenden Differenzbeträge läßt sich ein Reifendruckverlust oder auch ein Reifenüberdruck in jeweils einem der beiden Räder zuverlässig erkennen. Zweckmäßig werden die Verfahrensschritte mit einer vorgegebenen Zyklusanzahl durchgeführt, die insbesondere merklich größer als 1 sein kann, so daß eine Wiederholung der Verfahrensschritte stattfindet, um zu überprüfen, ob eine detektierte Abweichung auch in einer nachfolgenden Ermittlung reproduziert wird oder lediglich auf einer einmaligen Fehlmessung oder einer Singularität im Fahrzustand, z. B. Überfahren einer Fahrbahnstufe, beruht.

In Ausgestaltung der Erfindung ist nach Anspruch 2 vorgesehen, den Raddrehzahlabgleich jeweils paarweise mit achsgleichen Rädern durchzuführen. Dies eliminiert Einflüsse auf den Reifenabrollumfang aufgrund unterschiedlicher Beladung und Achslastverteilung sowie aufgrund verschiedener Reifenfabrikate, -arten und -profilen, wenn die übliche Vorgehensweise vorausgesetzt wird, Reifen desselben Fabrikats und derselben Art sowie derselben Laufleistung auf den beiden Seiten einer Achse zu montieren. Gleichzeitig wird hierdurch auch ein unterschiedliches "Aufgehen" von Reifen unterschiedlicher Fabrikate und Arten bei höherer Geschwindigkeit eliminiert. Solange keine Mischbereifung auf einer Achse vorliegt, verhalten sich die beiden Reifen hinsichtlich ihrer Dynamik vergleichbar, so daß sich durch die Differenzbildung ihr jeweiliger Effekt auf den dynamischen Reifenabrollumfang weghebt.

Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 3 wirkt sich vorteilhaft auf die Schnelligkeit einer Reifendruckwarnung aus, indem die Zyklusanzahl als Funktion des maximalen Differenzbetrages vorgewählt wird, insbesondere derart, daß bei höherem Differenzbetrag weniger Wiederholungszyklen gefahren werden. Denn ein höherer maximaler Differenzbetrag zwischen zwei Raddrehzahlskalierungsfaktoren läßt bereits mit höherer Sicherheit eine Reifendruckabnormität erkennen als ein vergleichsweise geringer Differenzbetrag, der größenordnungsmäßig fast in den Bereich der normalen Skalierungsfaktordifferenzen bei korrektem Luftdruck gelangt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 4 sieht anschließend an die Abgabe eines Reifendruckwarnsignals vor, zusätzlich den Reifen, der die Druckabweichung aufweist, zu bestimmen, so daß dies den Fahrer z. B. über eine entsprechende Informationsanzeigeeinheit angezeigt werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Flußdiagramm eines Reifendruckwarnverfahrens und

Fig. 2 die funktionelle Abhängigkeit der Zyklusanzahl vom maximalen Skalierungsfaktor-Differenzbetrag für das Verfahren nach Fig. 1.

Das in den Figuren veranschaulichte Verfahren stellt eine Reifendruckwarnung für einen Personenkraftwagen zur Erhöhung der Fahrsicherheit zur Verfügung, um den Fahrer rechtzeitig insbesondere vor einem sicherheitskritischen Luftdruckabfall zu warnen, wobei auf direkte reifendruckmessende Sensorik verzichtet und statt dessen der Reifendruck indirekt über den sich in eindeutiger Weise mit dem Druck ändernden Reifenabrollumfang erfaßt wird. Grundlage des Verfahrens ist die Tatsache, daß sich der dynamische Abrollumfang trotz gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit bei einem Luftdruckabfall am Reifen verkleinert und sich damit die Raddrehgeschwindigkeit vergrößert. Dieses Vorgehen verringert den zu treibenden Aufwand besonders dann, wenn die Sensorik zur Bestimmung der Raddrehzahlen bereits im Fahrzeug, z. B. im Zusammenhang mit einem Permanentallradantrieb oder einem Radschlupfregelsystem, installiert ist.

Der Verfahrensablauf wird an einem Punkt A in Fig. 1 in nicht näher gezeigter Weise initialisiert, z. B. durch einen Motorstart. Daraufhin werden die erforderlichen Eingangsgrößen erfaßt (Schritt 1). Dies sind zum einen bei einem Personenkraftwagen die vier Raddrehzahlen, die mit üblichen Sensoren, die z. B. Teil eines Anti-Blockiersystems sind, gemessen werden. Zusätzlich wird die Stellung eines Bremslichtschalters und so das Vorliegen eines Bremsvorgangs überwacht sowie durch Erfassung der Motordrehzahl und der Stellung eines Drosselklappenpotentiometers das Motormoment ermittelt.

Daraufhin findet eine Bestimmung von Raddrehzahlskalierungsfaktoren (Skalierungsfaktor, Faktor, Drehzahlskalierungsfaktor) innerhalb eines Raddrehzahlabgleichs statt (Schritt 2). Dabei wird zunächst geprüft, ob eine höchstens geringe Kurvenfahrt, ein nicht zu hohes Motormoment und eine bestimmte Mindestgeschwindigkeit sowie Bremsfreiheit vorliegen, was aus einem Vergleich der erfaßten Eingangsgrößen mit vorgegebenen Grenzwerten erkannt wird. Ist ein Bremsvorgang oder ein zu hohes Motormoment erkannt, wird der Drehzahlabgleich nicht aktiviert bzw. angehalten. Ist dergestalt eine ausreichend schlupfarme Geradeausfahrt erkannt, so werden die gemessenen Raddrehzahlen zu einer Neubestimmung der Skalierungsfaktoren aus bisher vorliegenden Werten für diese Faktoren ermittelt. Dazu wird vorzugsweise unter Wiederholung des Abgleichzyklus eine inkrementale Veränderung der bisherigen Skalierungsfaktoren in Richtung auf eine aus den gemessenen Raddrehzahlen sich ergebende Differenz hin vorgenommen. Mit diesen Skalierungsfaktoren werden am Ende des

Raddrehzahlabgleichs die gemessenen Raddrehzahlen multipliziert, um so korrigierte Raddrehzahlen zu erhalten, die die Tatsache berücksichtigen, daß die Abrollumfänge der verschiedenen Fahrzeugreifen im Normalfall im Rahmen der für Radschlupfregelsysteme oder Allradantriebe erforderlichen Genauigkeit nicht gleich groß sind. Mit den Skalierungsfaktoren werden die Raddrehzahlen künstlich einander angeglichen, damit das Allradantrieb- oder Radschlupfregelsystem nur die schlupfbedingten Raddrehzahlunterschiede berücksichtigt und keine Fehlregelung wegen Verwendung von Reifen mit unterschiedlichem Abrollumfang eintritt. Eine detaillierte Beschreibung eines solchen Raddrehzahlabgleichs findet sich in der diesbezüglichen, auf die Anmelderin zurückgehenden deutschen Patentanmeldung P 43 27 491.9, deren Inhalt an dieser Stelle durch Verweisung in vollem Umfang in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Nach Durchführung des Raddrehzahlabgleichs liegen folglich neue Drehzahlskalierungsfaktoren für jedes Rad vor, wobei als Beispiel der anfängliche Ausgangswert der Skalierungsfaktoren auf 10 000 gesetzt ist und die Auflösung mithin 0,01% beträgt. Zur Bestimmung der Drehzahlskalierungsfaktoren innerhalb der Reifendruckwarnung ist ein paarweiser Abgleich achsgleicher Räder vorgesehen. Dies eliminiert die Gefahr von Fehlwarnungen, die besteht, wenn eine unterschiedliche Beladung oder Achslastverteilung vorliegt, da sich der dynamische Reifenabrollumfang bei höherer Achslast verringert. Wegen des paarweisen Abgleichs achsgleicher Räder wirken sich unterschiedliche Achslasten nicht aus, sondern heben sich innerhalb des Raddrehzahlabgleichs weg. Auch Einflüsse aufgrund einer Verwendung unterschiedlicher Reifenfabrikate und Reifenarten werden eliminiert, wenn man voraussetzt, daß auf jeweils einer Achse gleichartige Reifen montiert sind, was üblich und in gewissem Rahmen sogar vorgeschrieben ist. Meist werden die Reifen einer Achse auch gemeinsam aufgezogen oder ausgetauscht, so daß sie wenigstens annähernd dieselbe Laufleistung und damit Restprofiltiefe aufweisen. Unterschiedliche Profiltiefen zwischen den Reifen an Vorder- und Hinterachse, die ebenfalls unterschiedliche Abrollumfänge nach sich ziehen würden, wirken sich daher ebenfalls nicht fehlerhaft im Fall eines achsgleichen Raddrehzahlabgleichs aus. Schließlich berücksichtigt der achsweiser Raddrehzahlabgleich automatisch auch die Tatsache, daß der Antriebsschlupf am Hinterrad dem Aufgehen des Reifens bei höheren Geschwindigkeiten entgegenwirkt, während die antriebskraftfreien oder jedenfalls antriebskraftärmeren Vorderräder bei einem Permanentallrad mit heckbetonter Antriebsmomenten-Verteilung sich, wie bekannt, bei hoher Geschwindigkeit fliehkraftbedingt aufstellen, d. h. ihren dynamischen Abrollumfang erhöhen.

Ersichtlich hat das vorliegende Verfahren den Vorteil, die vorgenannten, nicht auf Reifendruckabnormalitäten beruhenden Einflüsse auf die Raddrehzahlen bereits automatisch durch den achsweisen Drehzahlabgleich zu berücksichtigen. Alternativ ist es natürlich möglich, diese Einflüsse explizit zu berücksichtigen, wenn z. B. zusätzliche Beladungssensoren vorhanden oder alle Räder mit derselben Bereifung versehen sind, und gegebenenfalls andere Radpaare gegeneinander abzugleichen. Bei Bedarf ist den Mischbereifungseffekten durch entsprechende Ansprechschwellen der Reifendruckwarnung Rechnung zu tragen. Möglich ist auch eine indirekte Identifizierung der Mischbereifungseffekte, indem die Raddrehzahlen der Antriebsräder bei kraftlosem Rollen und bei maximaler Antriebskraft gemessen werden und der empirisch ermittelte eindeutige Zusammenhang zwischen der Antriebskraft und dem Antriebsschlupf bei einem gegebenen Luftdruck berücksichtigt wird.

Die aus dem Raddrehzahlabgleich gewonnenen und auch anderweitig verwendbaren Raddrehzahlskalierungsfaktoren werden dann für eine Reifendruckwarnung so ausgewertet, daß die Differenz zwischen dem Skalierungsfaktor des linken Vorderrades und demjenigen des rechten Vorderrades sowie die Differenz zwischen dem Skalierungsfaktor des linken Hinterrades und demjenigen des rechten Hinterrades gebildet wird (Schritt 3).

Daraufhin werden die Beträge der beiden Differenzen gebildet und der größere Differenzbetrag (DSM) ermittelt, der den kritischeren Fall darstellt (Schritt 4). Der größere Differenzbetrag (DSM) stellt die prozentuale Abweichung in 0,01% zum Ausgangswert 10 000 dar.

Anschließend wird diese maximale prozentuale Abweichung (DSM) mit einem vorgewählten Schwellenwert (SW) verglichen (Schritt 5). Bleibt die ermittelte prozentuale Abweichung (DSM) unterhalb des voreinstellten Schwellenwertes (SW), so wird dies als ordnungsgemäßer Reifendruck an allen Rädern interpretiert und zum Programmausgangspunkt (A) zurückgekehrt, um den Luftdruck weiterhin kontinuierlich zu überwachen. Liegt die maximale prozentuale Abweichung (DSM) hingegen auf oder über dem voreingestellten Schwellenwert (SW), so wird mit einem nächsten Abfrageschritt fortgefahren (Schritt 6). In diesem wird festgestellt, ob die Anzahl bisheriger Programmablaufzyklen (ZA) einen voreingestellten Zyklusanzahl-Grenzwert (ZAG) erreicht hat. Ist dies nicht der Fall, wird der Zyklusanzahl-Zählwert (ZA) um 1 erhöht (Schritt 9) und daraufhin zum Punkt (A) des Verfahrensablaufs zur Durchführung eines erneuten Verfahrenszyklus zurückgekehrt.

Ist der vorgegebene voreingestellte Zyklusanzahl-Grenzwert (ZAG) erreicht, so bedeutet dies, daß während einer entsprechenden Anzahl von aufeinanderfolgenden Verfahrenszyklen ein fehlerhafter Reifendruck erkannt wurde. Bevorzugt ist der Zyklusanzahl-Grenzwert (ZAG) beträchtlich größer als 1 gesetzt, um etwaige einmalige Fehlmessungen und vor allem kurzzeitige Reifendruckschwankungen, wie sie z. B. durch das Überfahren einer Fahrbahnstufe verursacht werden, zu eliminieren. Selbstverständlich ist der Zyklusanzahl-Zählwert (ZA) zu Beginn einer Zyklenfolge auf 0 gesetzt, was in Fig. 1 nicht explizit dargestellt ist. Der Zyklusanzahl-Grenzwert (ZAG) wird hierbei nach Bestimmung der maximalen prozentualen Abweichung (DSM) in Abhängigkeit von deren Wert festgelegt. Die vorgegebene funktionelle Abhängigkeit der Anzahl durchgeführter Programmzyklen und der sich daraus ergebenden gesamten Eichzeit von der maximalen prozentualen Abweichung (DSM) ist in Fig. 2 dargestellt. Wie daraus erkennbar ist, wird der Verfahrensablauf kontinuierlich entsprechend der NEIN-Abweichung im Abfrageschritt 5 der Fig. 1 wiederholt, solange die maximale prozentuale Abweichung (DSM) kleiner bleibt als der Schwellenwert (SW), der hier auf 0,3% gesetzt ist. Bei größerer prozentualer Abweichung (DSM) wird ein linear fallender Zyklusanzahl-Grenzwert (ZAG) gewählt, der bei DSM = 0,8% den Wert 1 erreicht. Diese Wahl des Zyklusanzahl-Grenzwertverlaufs trägt der Tatsache Rechnung, daß eine größere ermittelte maximale prozentuale Abweichung (DSM) der Skalierungsfaktoren mit einer größeren

Sicherheit auf einen fehlerhaften Reifendruck schließen läßt, so daß weniger bestätigende Wiederholungszyklen erforderlich sind. Dadurch läßt sich die gesamte Eichzeit, d. h. die Erkennungsdauer einer Druckabweichung, bei größerer ermittelter prozentualer Abweichung (DSM) stark herabsetzen, wie die aus Fig. 2 hervorgeht.

Ist der in Fig. 2 rechts der Zyklusanzahl-Abweichungs-Kennlinie gelegene Bereich erreicht, d. h. der Verfahrensablauf wurde so oft wie vorgewählt wiederholt, und es wurde einmal eine signifikante Reifendruckabweichung ermittelt, so wird ein Warnsignal erzeugt (Schritt 7), das über die nicht mehr tolerierbare Reifendruckabweichung, meist ein zu hoher Reifendruckverlust, informiert. Dies wird dem Fahrer über eine Fahrerinformationsanzeigeeinheit für die Reifendruckwarnung angezeigt.

Daraufhin wird zusätzlich der Reifen mit der übermäßigen Reifendruckabweichung ermittelt und dem Fahrer ebenfalls zur Anzeige gebracht (Schritt 8). Zur Bestimmung des Reifens mit der übermäßigen Druckabweichung wird zunächst das arithmetische Mittel aller vier Raddrehzahlskalierungsfaktoren aus dem Drehzahlabgleich gebildet und danach für jedes Rad der Betrag der Differenz zwischen dem zugehörigen Skalierungsfaktor und dem arithmetischen Mittelwert der Skalierungsfaktoren berechnet. Aus diesen vier Beträgen wird der maximale Betrag ermittelt und der zugehörige Reifen als der gesuchte Reifen mit der signifikanten Druckabweichung erkannt.

Das dargestellte Reifendruckwarnverfahren ist folglich in der Lage, eine zuverlässige Reifendruckwarnung mittels Raddrehzahlermittlung zur Verfügung zu stellen. Bremssschlupf, Antriebsschlupf und Kurvenfahrt werden durch den gewählten Raddrehzahlabgleich berücksichtigt, wobei ein achsweiser Drehzahlabgleich unterschiedlichem Achslastverteilung und Beladung ebenso wie einer Mischbereifung auf verschiedenen Achsen Rechnung trägt. Mit dem Verfahren ist eine Reifendruckwarnung bei einem Druckverlust im Bereich ab 0,5 bar ohne weiteren zusätzlichen Hardware-Aufwand erreichbar. Zum Beispiel ergibt ein Luftdruckabfall um 0,6 bar von 2,5 bar auf 1,9 bar bei 60 km/h eine dynamische Abrollumfangsverringerung von 0,33%, ein prozentualer Wert, der sich entsprechend auf die maximale prozentuale Abweichung (DSM) der Raddrehzahlskalierungsfaktoren auswirkt, wodurch die Abweichung bei einem Schwellenwert von 0,3% und damit der Druckabfall zuverlässig erkannt wird. Das Verfahren kann zudem problemlos erweitert oder modifiziert werden, wenn eine noch höhere Genauigkeit erwünscht ist. Durch zusätzliche Sensorik können z. B. Temperaturunterschiede einzelner Reifen oder eine Mischbereifung mit höherer Genauigkeit berücksichtigt werden. Anzumerken ist weiterhin, daß das vorliegende Verfahren auch einen annähernd gleichzeitigen Reifendruckverlust zweier seitengleicher Fahrzeugräder im Fall eines paarweisen Radabgleichs jeweils zweier achsgleicher oder zweier diagonalen Fahrzeugräder zu erkennen vermag.

Das Verfahren ist sowohl für Fahrzeuge mit Permanentallradantrieb als auch für nur auf einer Achse, z. B. der Hinterachse, angetriebene Fahrzeuge verwendbar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Reifendruckwarnung bei einem Kraftfahrzeug, das folgende Schritte aufweist:

a) Durchführen eines Raddrehzahlabgleichs, bei dem durch Messung der Raddrehzahlen während einer ungebremsten Fahrt oberhalb einer Mindestgeschwindigkeit mit einem unterhalb eines vorgegebenen Kurvenfahrt-Grenzwertes liegenden Grad an Kurvenfahrt und einem unterhalb eines vorgegebenen Antriebsmoment-Grenzwertes liegenden Antriebsmoment Raddrehzahlskalierungsfaktoren für jedes reifendrucküberwachte Rad gebildet werden,

b) Paarweises Zusammenfassen der reifendrucküberwachten Räder und für jedes Radpaar Berechnen der Differenz der zugehörigen ermittelten Raddrehzahlskalierungsfaktoren,

c) Ermitteln einer betragsmäßig größten Skalierungsfaktordifferenz aus den Differenzen der Raddrehzahlskalierungsfaktoren,

d) Prüfen, ob die betragsmäßig größte ermittelte Skalierungsfaktordifferenz größer als ein vorgegebener Schwellenwert ist, und

d.1) wenn dies der Fall ist:

d.1.1) Wiederholen der Schritte a) bis d), wenn eine vorgegebene Zyklusanzahl noch nicht erreicht ist, und ansonsten

d.1.2) Abgabe eines Warnsignals zur Anzeige einer übermäßigen Reifendruckabweichung,

d.2) wenn dies nicht der Fall ist:

d.2.1) Wiederholen der Schritte a) bis d).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- im Schritt a) der Raddrehzahlabgleich für achsgleiche Räder erfolgt und
- im Schritt b) jeweils die Räder einer Achse zusammengefaßt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zyklusanzahl in Abhängigkeit von der ermittelten betragsmäßig größten Skalierungsfaktordifferenz vorgewählt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch den weiteren Schritt:

- e) Berechnen eines arithmetischen Mittelwerts aller Raddrehzahlskalierungsfaktoren und von Differenzbeträgen der einzelnen Raddrehzahlskalierungsfaktoren von diesem Mittelwert und Anzeigen des Rades mit dem größten Differenzbetrag als dasjenige mit der übermäßigen Reifendruckabweichung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

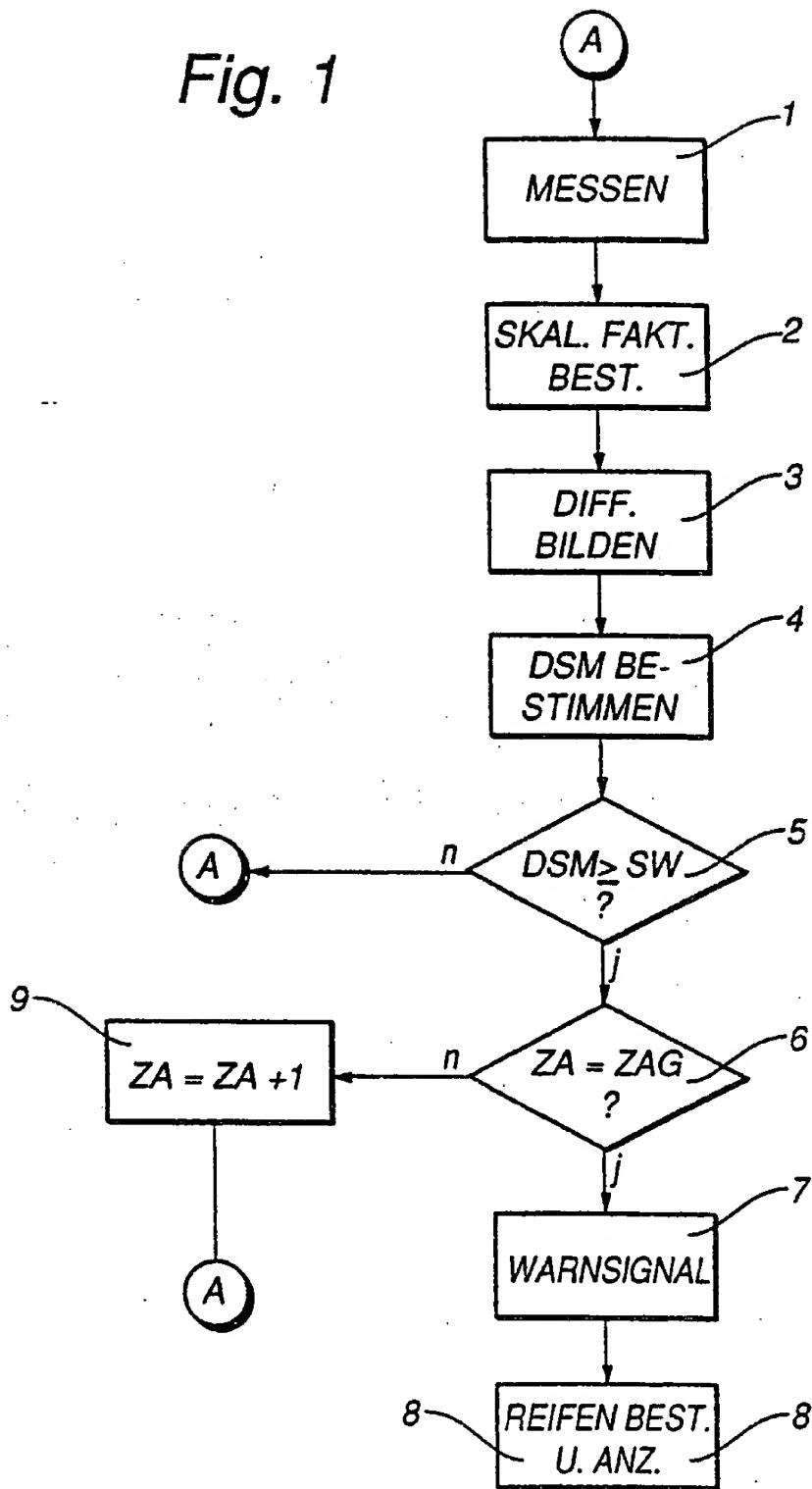
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



- Leerseite -

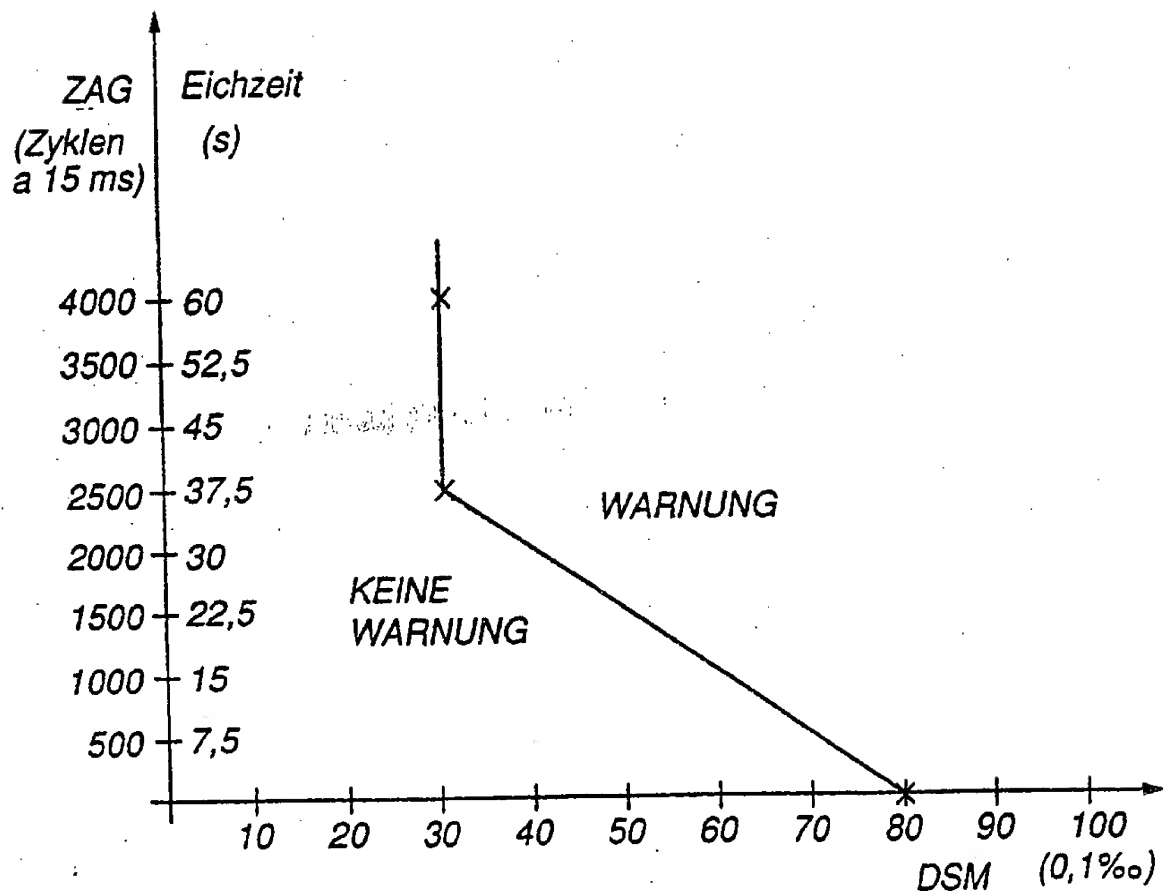
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**